

# 塩類集積圃場における 日射制御型拍動自動かん水装置を用いた 土壌水分管理によるコマツナの発芽障害の軽減

藤原宏子・荒木有朋・赤井直彦・衣笠雄一\*

Improvement in Inhibition of Germination of Komatuna in Salt Accumulated Soil by The Automated Pulsating Drip-irrigation System Using Solar Pump

Hiroko Fujiwara, Aritomo Araki, Naohiko Akai and Yuichi Kinugasa

## 緒言

施設の野菜栽培では、有機質資材や肥料の投入量が多い傾向があり、さらに降雨による溶脱が無いため、利用されなかった養分が土壌中に蓄積しやすい。土壌溶液中の塩類濃度が高まると浸透圧が高くなり（亀和田, 1991）、種子の吸水が遅れて発芽障害が発生する（佐藤, 1984）。本県でも、養分が過剰に集積した圃場が多く見られ、発芽障害などが問題となっていた（芝ら, 2012）。塩類集積圃場の対策として、肥培管理の改善や除塩、深耕などが行われるが、これらの対策には労力がかかることや、除塩期間中に作物が栽培できないこと、環境負荷などが問題であり、省力的で栽培を継続しながら行える対策が求められていた。

施設土壌でも水分が多いほど溶液の塩類濃度が低くなる（和田ら, 1994）ため、種子に水が吸収されやすくなる。その一方で、かん水量が過剰になり土壌孔隙の多くが水を保持すると、発芽に必要な酸素の供給が遅れる（波多野, 1998）。現地では、葉菜類のかん水は畝表面の乾燥程度を観察しながら手で行う生産者が多いが、この方法では水分の不足や過剰になりやすい。これに対して日射制御型拍動自動かん水装置（吉川・中尾, 2010）は、日射量に応じて自動的にかん水を行うことで畝表面の水分量が概ね一定となり、種子付近の土壌水分を発芽や生育に適した条件に維持できる。

そこで本報では、まず塩類集積土壌でも高い発芽率が得られる土壌水分を明らかにした。さらに、日射制御型拍動自動かん水装置を用いて、高い発芽率が得られる土壌水分を維持した場合の生育の改善効果を検討した。

## 材料及び方法

### 1. ECと土壌水分が発芽に及ぼす影響（試験1）

土壌は、農業研究所内の土壌（砂壤土、腐植含量2.2%、最大容水量435ml/kg）と試験2を行った現地圃場の土壌（壤土、腐植含量4.8%、最大容水量518ml/kg）を用いた。風乾した土壌のECを測定した後、ECが農研土壌では0.6, 1.0, 1.5, 2.1, 3.1dS/m、現地土壌では0.9, 1.6, 2.1dS/mとなるように硝酸アンモニウムを加えた後、最大容水量の約60%の土壌水分となるように水を加えて日陰に静置し、その後再び風乾して2mmのふるいを通してECの異なる土壌を作成した（表1）。この土壌100gをノイバウエルポットに量り取り、コマツナ‘楽天’を20粒播種した後、最大容水量の15%、30%、45%、60%、75%、90%となるように霧吹きで脱塩水を加え、ポリエチレンフィルムでふたをして30℃の恒温器内に静置した。1～2日ごとに重量を測定して減少した量の脱塩水を補給し、1週間後に発芽率を測定した。試験開始前のECは、風乾土20gに脱塩水100mlを加えて攪拌し、30分後に電気伝導率計（Conductivity Meter, 東亜デー

本報の一部は、日本土壌肥料学会平成24年度大会で発表した。

\* 現岡山県農林水産部農産課

2015年11月27日受理

ケーケー株式会社製)で測定した。

## 2. ECの高い圃場における日射制御型拍動自動かん水装置の利用がコマツナの発芽と生育に及ぼす影響 (試験2)

試験は、2010年9月27日から12月6日に岡山市北区のビニルハウスで行い、コマツナ‘楽天’を2作栽培した。前地土壌の分析結果から、交換性加里は改良目標値を下回っていたが、無機態窒素が多く、可給態リン酸も改良目標値を大幅に上回っていたため、本試験では2作とも施肥を行わなかった(表2)。1作目は9月27日に播種して10月21日に収穫した。2作目は、11月1日に播種して12月6日に収穫した。かん水方法は、日射制御型拍動自動かん水装置を用いてかん水した点滴かん水区と、農家慣行で土壌表面がやや乾き始めたら散水ノズルを用いて手で畝全面がぬれる程度にかん水を行う慣行区を設けた。点滴かん水区は、200Lのタンクを用いて晴天時の揚水量を800ml/分とし、1回に70～80L流れるように調整した。その結果、かん水回数は0～9回/日、平均かん水量は、1作目が1.9L/m<sup>2</sup>/日、2作目が1.5L/m<sup>2</sup>/日であった。畝間1.3mの4条播きとし、畝上に吐出口が20cm間隔の点滴かん水チューブを32cm間隔で2本設置して、それぞれのかん水チューブの両側に条間16cmで手押し式の播種機を用いて播種、覆土、鎮圧した。両区とも畝全面がぬれるように播種後に1回手でかん水を行った後、それぞれのかん水方法で管理した。

栽培前に深さ20cmまでの土壌を採取し、土壌化学性を常法(財団法人日本土壌協会, 2001)により分析した。また、生育期間中に、畝肩、かん水チューブ横1cm、畝中央の3ヶ所から、それぞれ深さ0～2cmと2～20cmの土壌を採取して、土壌水分と生土のECを測定した。土壌水分は重量含水率を測定した後、試験1の

土壌を用いて作成した回帰式により、最大容水量に対する水の割合に換算して示した。なお、慣行区は、点滴かん水区のチューブ横と同様の畝位置の土壌を採取してチューブ横として示した。畝1m当たりの発芽数は、播種後8日目に1m×4条を2ヶ所ずつ調査した。また、収穫時に20株について葉長と1株重を測定した。

## 結果及び考察

### 1. ECと土壌水分が発芽に及ぼす影響 (試験1)

農研の土壌では、EC0.6dS/mの土壌は最大容水量の15～60%、EC1.0dS/mの土壌は同30～60%、EC1.5dS/mの土壌は同45～60%、EC2.1dS/mの土壌は同60%で発芽率が80%以上と高かった(図1)。現地土壌を用いた試験では、EC0.9dS/mの土壌は最大容水量の30～60%、EC1.6dS/mの土壌は同45～60%、EC2.1dS/mの土壌は同60%で発芽率が80%以上であった。このように、土壌に関わらずECが高くなるほど80%以上発芽する土壌水分の範囲が狭くなった。和田ら(1994)は、土壌水分が多くなるほど土壌溶液の塩類濃度が低くなることを報告している。土壌溶液の塩類濃度が低いほど浸透圧が低下するため(亀和田, 1991)、種子に水が吸収されやすくなり、発芽率が高まったと考えられた。しかし、最大容水量の75%と90%の土壌水分では、いずれのECの土壌でも発芽率が0～65%と低かった。これは、土壌孔隙の多くが水で満たされ、種子への酸素供給が遅れたため(波多野, 2005)と考えられた。これらのことから、過湿にならない範囲で高いECに対応した土壌水分に保つことで、発芽障害を軽減することができると考えられた。一方、EC3.1dS/mの土壌ではいずれの土壌水分でも発芽しなかったことから、ECが極めて高い圃場ではかん水による発芽障害の改善は難しく、除塩や天地返しなどの対策を行う必要があると

表1 調整した土壌のECとpH

|  | 処理区                  | EC0.6 | EC1.0    | EC1.5 | EC2.1 | EC3.1 |
|--|----------------------|-------|----------|-------|-------|-------|
|  |                      | 農研土壌  | EC(dS/m) | 0.59  | 1.01  | 1.54  |
|  | pH(H <sub>2</sub> O) | 5.52  | 6.54     | 5.95  | 5.85  | 5.92  |
|  | 処理区                  | EC0.9 | EC1.6    | EC2.1 | —     | —     |
|  |                      | 現地土壌  | EC(dS/m) | 0.96  | 1.61  | 2.14  |
|  | pH(H <sub>2</sub> O) | 7.03  | 7.11     | 6.92  | —     | —     |

表2 作土の化学性

| pH                   | EC     | 無機態窒素   | 可給態リン酸 | 交換性塩基 (g/kg) |       |                    | 飽和度 (%) |       |                    | CEC                     | 腐植  |
|----------------------|--------|---------|--------|--------------|-------|--------------------|---------|-------|--------------------|-------------------------|-----|
|                      |        |         |        | 石灰           | 苦土    | 加里                 | 石灰      | 苦土    | 加里                 |                         |     |
| (H <sub>2</sub> O)   | (dS/m) | (mg/kg) | (g/kg) | (CaO)        | (MgO) | (K <sub>2</sub> O) | (CaO)   | (MgO) | (K <sub>2</sub> O) | (cmol <sub>c</sub> /kg) | (%) |
| 7.0                  | 0.87   | 122.5   | 3.29   | 7.91         | 1.27  | 0.24               | 133.5   | 29.7  | 2.4                | 21.1                    | 4.8 |
| 改良目標値下限 <sup>y</sup> | 6.0    | 0       | 0.20   | —            | —     | —                  | 42.6    | 13.7  | 3.7                | —                       | —   |
| 改良目標値上限 <sup>y</sup> | 6.5    | 0.5     | 0.75   | —            | —     | —                  | 56.9    | 18.3  | 4.9                | —                       | —   |

<sup>z</sup> 8月20日に採取

<sup>y</sup> 改良目標値は岡山県土壌施肥管理システム(石橋, 2005), ナツパ類の値

考えられた。

## 2. ECの高い圃場における日射制御型拍動自動かん水装置の利用がコマツナの発芽と生育に及ぼす影響 (試験2)

1作目の栽培開始前の土壌水分は、0～2cmは2～20cmに比べてやや低かった(図2)。また、0～2cmのECは、点滴かん水区で1.4dS/m、慣行区で1.6dS/mであり、試験1から発芽障害を軽減できる0～2cmの土壌水分は最大容水量の45～60%と考えられた。コマツナの

播種位置に近いチューブ横で比較すると、播種後8日間の土壌水分は、点滴かん水区では最大容水量の57～66%であったのに対して、慣行区では同40～49%であり、当初は目標の土壌水分を下回った。また、栽培期間を通して0～2cm、2～20cmともに慣行区に比べて点滴かん水区で土壌水分が高く推移した。点滴かん水区では、日射制御型拍動自動かん水装置を用いた少量多頻度の点滴かん水により、土壌を湿潤状態に維持できたと考えられた。しかし、測定位置による差は点滴かん水区の方が大きかった。

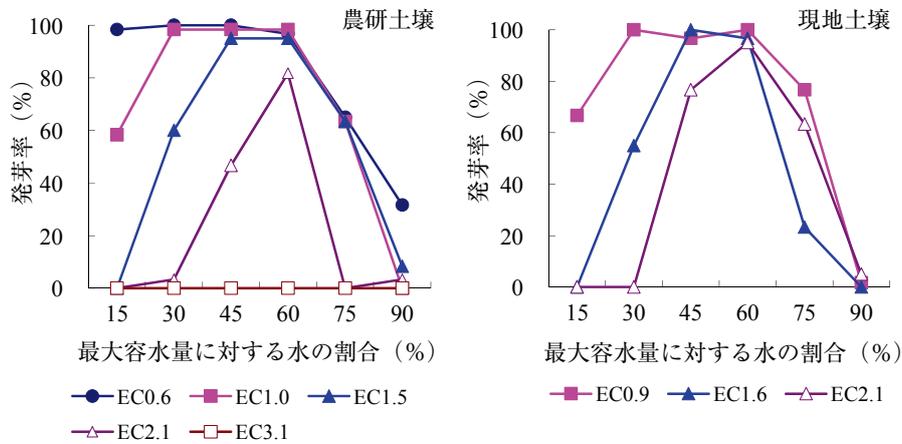


図1 ECの異なる土壤におけるコマツナ発芽率と土壌水分の関係

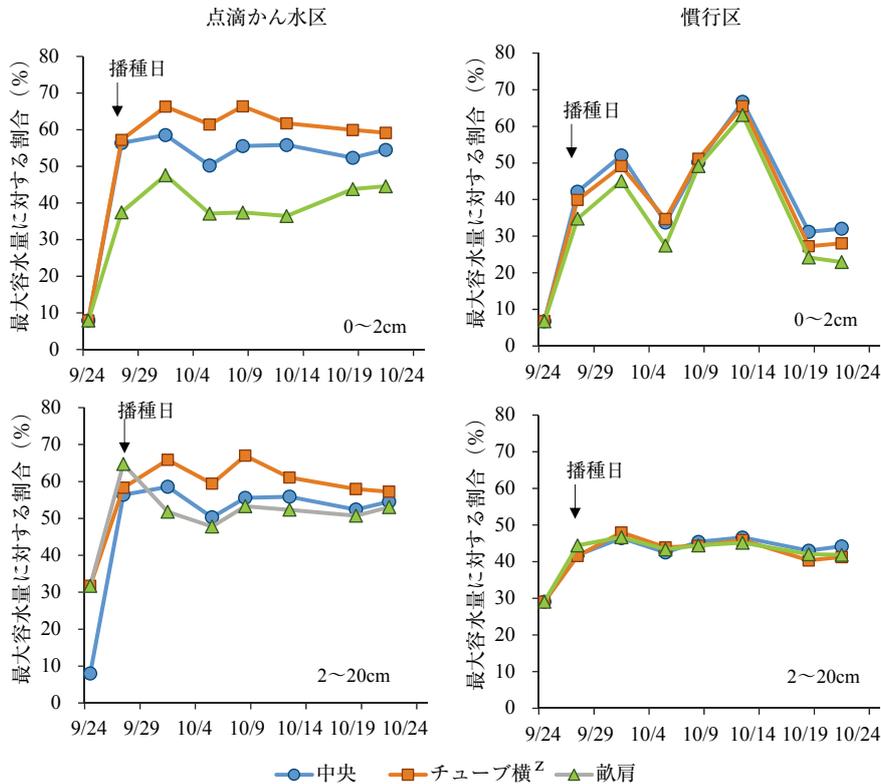


図2 1作目の栽培期間中の土壌水分の推移

<sup>2</sup>慣行区は点滴かん水区のチューブ横と同じ畝位置の土壤を採取

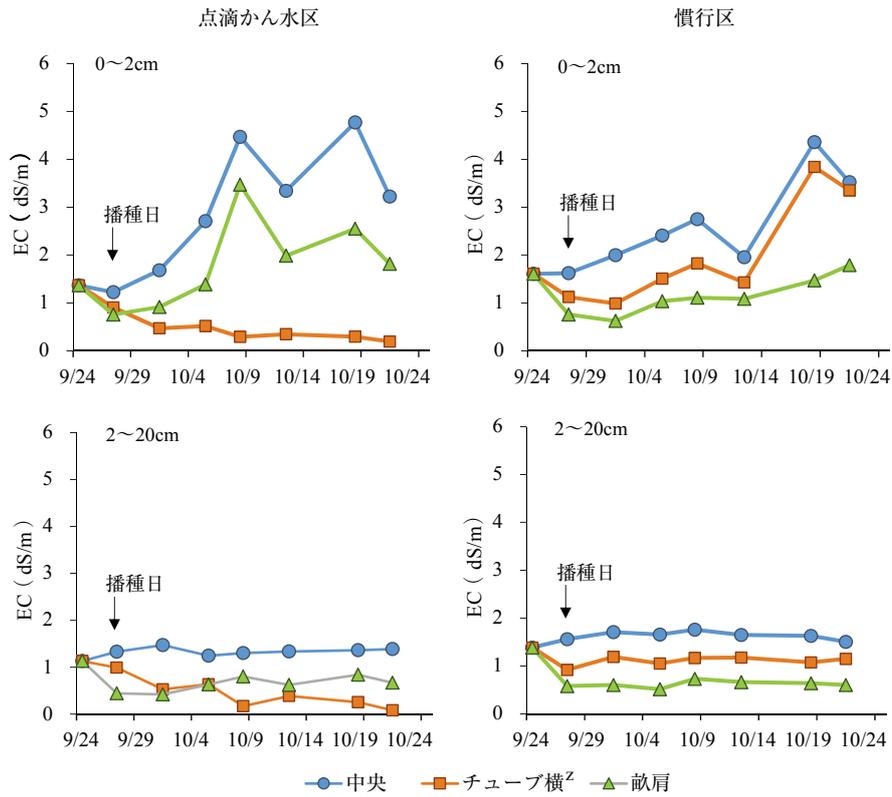


図3 1作目の栽培期間中のECの推移

<sup>2</sup> 慣行区は点滴かん水区のチューブ横と同じ畝位置の土壌を採取

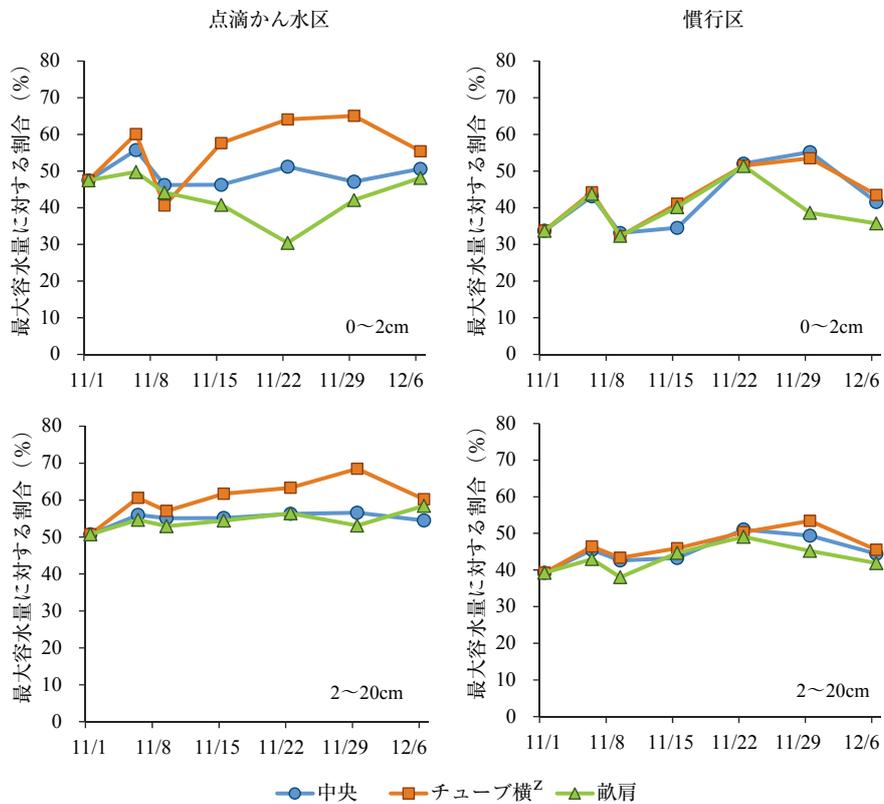


図4 2作目の栽培期間中の土壌水分の推移

<sup>2</sup> 慣行区は点滴かん水区のチューブ横と同じ畝位置の土壌を採取

1作目のチューブ横における0～2cmのECは、かん水開始後に低下し、点滴かん水区は慣行区より低い値で推移した(図3)。これは、点滴かん水区で土壌水分が多く、塩類濃度が薄まったためと考えられた。一方、点滴かん水区では、畝中央と畝肩ではECが高くなり、慣行区を上回った。これは、本位置にはチューブからの水の吐出がないため前述の様にチューブ横に比べて土壌水分が低く推移し、チューブ直下からの水の移動と蒸発に伴って塩類が集積したものと考えられた。2

～20cmのECは、チューブ横では点滴かん水区で低く推移したが、その他の位置については処理区間の差は小さかった。

2作目の土壌水分とECの推移は、1作目と同様の傾向が認められた(図4, 5)。ただし、2作目の播種時において、0～2cmのECは、1作目に比べて点滴かん水区では0.9dS/mと低かったのに対して、慣行区では1.8dS/mと高かった。これは、点滴かん水区では1作目の土壌水分が多く推移した結果、2作目の播種時においても慣行

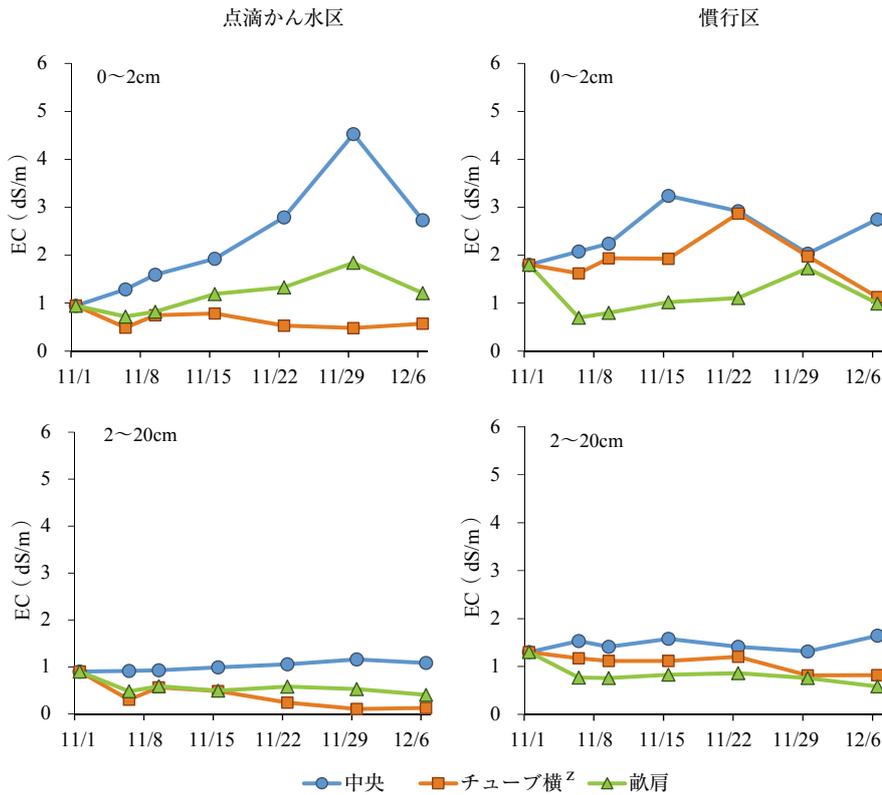


図5 2作目の栽培期間中のECの推移

z 慣行区は点滴かん水区のチューブ横と同じ畝位置の土壌を採取

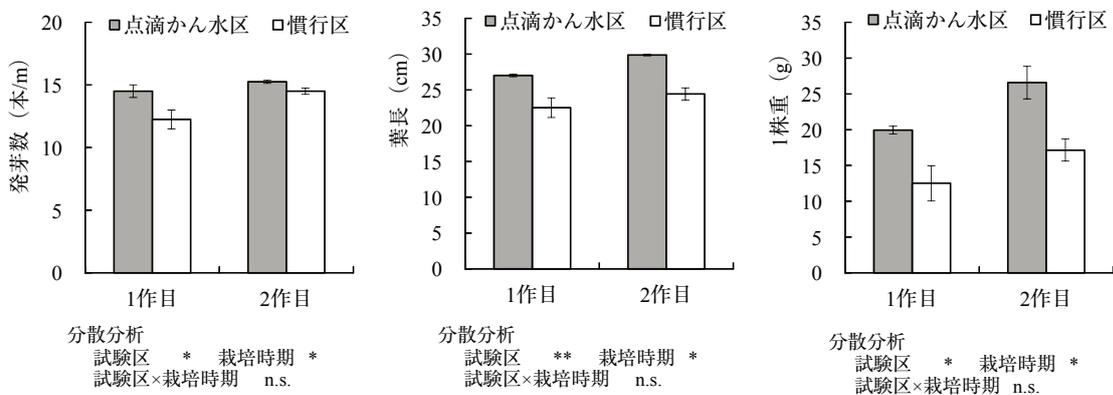


図6 コマツナの発芽数と収穫時の葉長および1株重

図中の縦棒は標準誤差を示す  
\*, \*\*は、それぞれ5%水準, 1%水準で要因の効果が有意であることを、  
n.s.は5%水準で有意でないことを示す

区と比べて土壌水分が高かったためと考えられた。発芽障害を軽減できる0～2cmの土壌水分は、点滴かん水区で最大容水量の30～60%、慣行区で同60%と考えられた。播種後8日間のチューブ横の土壌水分は、点滴かん水区で最大容水量の40～60%であったのに対して、慣行区では同32～44%と目標より低かった。チューブ横のECは、0～2cm、2～20cmともに点滴かん水区で低く推移した。

1作目、2作目ともに、点滴かん水区では発芽数が有意に多かった(図6)。慣行区に比べて、点滴かん水区では土壌水分が高く保たれた結果、塩類濃度が低下して発芽障害の発生が抑えられたと考えられた。さらに、点滴かん水区では、発芽後の生育も旺盛で、慣行区に比べて葉長と1株重が有意に大きかった。福嶋・吉川(2011)は、露地ピーマン栽培で、日射制御型拍動自動かん水装置の利用により土壌水分が好適に保たれ、収量と品質が安定したことを報告している。本試験でも、同装置を利用することで土壌水分が生育に適した量に保たれ、生育が旺盛になったと考えられた。

以上の結果から、日射制御型拍動自動かん水装置で土壌水分を過湿にならない範囲で高く管理し、かん水チューブの近傍にコマツナを播種することでECを安定して低く抑える栽培では、発芽障害を軽減できることが示された。塩類が集積した圃場では、このような管理で栽培を行いながら定期的な土壌診断を行い、不足する養分は供給しながら過剰なものは入れない管理を継続することで、土壌の化学性を適正に矯正していくことが可能である。

## 摘 要

塩類集積圃場における発芽障害の回避方法を明らかにするため、ECと土壌水分がコマツナの発芽に及ぼす影響を検討した。さらに、圃場で日射制御型拍動自動かん水装置を用いた自動かん水がコマツナの発芽と生育に及ぼす影響を明らかにした。

1. ノイバウエルポットで行った試験において、コマツナの発芽率が80%以上となる土壌水分は、EC0.6dS/mの土壌では最大容水量の15～60%、EC2.1dS/mの土壌では同60%であった。ECが高くなるにつれて、発芽に好適な土壌水分の範囲が狭くなることが明らかになった。

2. 圃場試験において、かん水チューブ横の深さ0～2cmの土壌水分は、点滴かん水区では発芽障害が軽減される土壌水分で維持されたが、慣行区ではその範囲を下回る場合が見られ、ECは、慣行区に比べて点滴かん水区で低く推移した。

3. コマツナをかん水チューブ横に播種すると、点滴かん水区では、慣行区に比べて発芽数が多かった。また、収穫時の葉長が長く、1株重が重かった。自動かん水による点滴かん水を利用してECに対応した土壌水分管理を行うことで、塩類集積圃場における発芽障害の軽減と、その後の生育を改善する効果が認められた。

## 引用文献

- 福嶋昭・吉川(山西)弘恭(2011)日射制御型拍動自動灌水と減肥栽培が夏秋ピーマンの収量並びに品質に及ぼす影響。農及園, 86(5): 507-513.
- 波多野隆介(2005)第9章土壌の構造と機能。土壌サイエンス入門(三枝・木村 編)。文永堂出版, 東京, pp.177-192.
- 石橋英二(2005)土壌施肥管理システムの開発。岡山農試研報, 23: 33-41.
- 亀和田國彦(1991)土壌溶液イオン組成からのECの推定とアニオン種の違いがECおよび浸透圧に及ぼす影響。土肥誌, 62(6): 634-640.
- 佐藤庚(1984)I.発芽と出芽。作物の生態生理。文永堂出版, 東京, pp.1-52.
- 芝宏子・荒木有朋・赤井直彦・土倉義夫・石橋英二(2012)施設有機栽培圃場における養分集積の実態と有機質資材施用量の削減が土壌化学性に及ぼす影響。土肥誌, 83(6): 695-699.
- 和田信一郎・角藤やす子・小田原孝治・吉村秀磨(1994)7点の施設土壌における水分含量の変化に伴う土壌溶液イオン組成の変化。土肥誌, 65(5): 530-537.
- 吉川(山西)弘恭・中尾誠司(2010)ソーラーポンプを利用した拍動自動灌水装置の組み立て方法。近中四農研資, 7: 21-31.
- 財団法人日本土壌協会(2001)土壌, 水質及び植物体分析法。財団法人日本土壌協会, 東京, pp.33-80.